

Fator de Emissão de Óxido Nitroso (N₂O) para a Fertilização com N na Cultura do Feijoeiro Comum Irrigado no Cerrado

Beáta Emöke Madari¹; Adriana Rodolfo da Costa²; Cláudia Pozzi Jantalia³; Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado⁴; Michelle Barbosa da Cunha⁵; Denise Ribeiro Martins⁶; João Henrique Gomes dos Santos⁷ e Bruno José Rodrigues Alves⁸

Introdução

A atmosfera da Terra é constituída principalmente de nitrogênio (N₂; 78,01% do volume), oxigênio (O₂; 20,9% do volume) e argônio (Ar; 0,93% do volume). Estes gases possuem limitada interação com a radiação solar e não interagem com a radiação infravermelha emitida pela Terra. No entanto, existem outros gases na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), que absorvem e emitem radiação infravermelha. Tais gases ocupam menos que 0,1% do volume da atmosfera, mas possuem relevante papel no balanço energético do planeta (MACHADO, 2005). A Terra recebe radiação solar, e os diferentes gases de efeito estufa presentes na atmosfera, particularmente na troposfera, participam do balanço de energia, absorvendo a radiação emitida e liberando calor. Este processo gera aumento na temperatura do ar próximo à superfície da Terra (média 14°C), resultando num efeito estufa natural e importante para o surgimento e a manutenção da vida no planeta (BAEDE et al., 2001).

Após a revolução industrial, principalmente, o impacto da atividade humana tomou proporções globais ao produzir gases de efeito estufa em grandes quantidades, alguns deles com potencial de aquecimento bem maior que o CO₂. Alguns desses gases, como o N₂O e o CH₄, também passaram a ser produzidos em altas taxas com a intensificação da atividade agrícola.

A maioria do N₂O produzido no planeta por ação antrópica tem origem na agricultura, devido ao aumento da disponibilidade de N no solo pela aplicação de fertilizantes e decomposição da matéria orgânica (ROBERTSON, 2004). No entanto, a produção desse gás tem sido mais estudada

em regiões de clima temperado¹, e pouco se sabe a respeito do que ocorre em regiões tropicais. Sabe-se, porém, que a concentração de N₂O na atmosfera vem aumentando significativamente a uma taxa de 0,2 a 0,3% ao ano, considerando a sua evolução desde o período pré-industrial até o final dos anos 90 (PRINN, 2004).

Além de causar efeito estufa, o N₂O tem efeitos negativos sobre a camada de ozônio. Segundo Crutzen (1981), se a concentração de N₂O dobrar na atmosfera, isso pode significar uma diminuição de 10% na camada de ozônio, o que resultaria em um aumento de 20% na entrada da radiação ultravioleta, cujo efeito também é drástico sobre a incidência de câncer de pele e outros problemas de saúde.

Fatores envolvidos nas emissões de óxido nitroso (N₂O)

A nitrificação e a desnitrificação são os processos que dão origem às emissões de N₂O do solo, porém são processos que funcionam em condições redox opostas. Por ser um processo aeróbico, solos bem drenados favorecem a nitrificação, enquanto solos saturados com água favorecem a desnitrificação. Porém, adequada disponibilidade de água e temperatura do solo são importantes para otimizar a nitrificação (JANTALIA et al., 2006).

A disponibilidade de matéria orgânica no solo é essencial para a ocorrência do processo de desnitrificação. Muitos organis-

¹ Regiões de clima temperado têm temperatura que varia regularmente durante o ano (média acima de 10° C nos meses mais quentes e entre -3° e 18° C, nos meses frios) e não apresentam extremidades em precipitação (chuva ou neve). Umidade depende da localização e condições geográficas de uma dada região. Há dois tipos de clima temperado: marítimo e continental (http://www.ace.mmu.ac.uk/ea/Climate/Older/Temperature_Climate.html).

¹ Engenheira Agrônoma, Ph.D. em Ciência do Solo, Embrapa Arroz e Feijão. Rod. GO 462, Km 12, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. madari@cnpaf.embrapa.br

² Graduando em Agronomia da Universidade Federal de Goiás e Bolsista PIBIC/CNPq na Embrapa Arroz e Feijão, adriana_rodolfo@yahoo.com.br

³ Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciclagem de Nutrientes e Recuperação de Áreas Degradadas, Embrapa Agrobiologia, Rodovia BR-465, Km 07, Cx. Postal 74.505, Seropédica-RJ, CEP 23890-000, claudia@cnpab.embrapa.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Arroz e Feijão, pmachado@cnpaf.embrapa.br

⁵ Graduando em Agronomia da Universidade Federal de Goiás e Estagiária da Embrapa Arroz e Feijão, michellinha.barbosa@gmail.com

⁶ Bacharel em Biologia, Estagiária da Embrapa Arroz e Feijão

⁷ Graduando em Agronomia da Universidade Federal de Goiás e Estagiário da Embrapa Arroz e Feijão, joaohenriquerv@brturbo.com.br

⁸ Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Matéria Orgânica do Solo, Embrapa Agrobiologia, bruno@cnpab.embrapa.br

mos podem desnitrificar, desde que ocorram condições anaeróbicas no solo, sendo a temperatura do solo um fator de grande importância (SMITH et al., 2003).

O aumento da temperatura do solo leva a um acréscimo no tamanho das zonas anaeróbicas, pois eleva as taxas respiratórias e, conseqüentemente, o gradiente de concentração de oxigênio é aumentado, deixando o volume do poro ainda mais desprovido de oxigênio (LI et al., 2000).

A umidade ou grau de saturação de água no solo também tem efeito sobre as emissões de N_2O . A nitrificação é um processo aeróbico, mas como organismos envolvidos no processo podem atuar na desnitrificação do NO_2 quando o oxigênio se torna limitante (POTH; FOCHT, 1985), a elevação da saturação do solo com água promove a produção de N_2O associado à nitrificação (GOODROAD; KEENEY, 1984). Além da temperatura e umidade do solo, a disponibilidade de nitrogênio mineral no solo é um outro fator importante para as emissões de N_2O do solo (SMITH et al., 2003).

O que é o fator de emissão

Bouwman (1996), considerando diversos estudos que quantificaram as emissões de N_2O de solos agrícolas plantados com diferentes culturas, fertilizadas com diferentes doses de N, encontrou que para cada 100 kg de N na forma de fertilizante aplicados nas culturas, 1,25 kg de N na forma de N_2O eram produzidos. Essa relação foi recomendada pelo Painel Internacional de Mudanças do Clima (IPCC, 1997) como um fator de emissão para ser utilizado na preparação de inventários de gases de efeito estufa por países que não dispõem de medidas de emissão de N_2O apropriadas, tal como o Brasil.

Estudos feitos em condições de clima temperado têm mostrado que o uso de um único fator de emissão não seria adequado, pois diferenças nas emissões de N_2O foram encontradas entre diferentes culturas, não necessariamente por efeito da cultura, mas em função do tipo de fertilizante, tipo de solo etc (BOECKX; VAN CLEEMPUT, 2001). Poucos estudos sobre emissão de N_2O estão disponíveis para as regiões tropicais (JANTALIA et al., 2006), e a maioria dos resultados obtidos sugerem que a emissão de N_2O ocorre em magnitude bem menor do que aquelas que alimentaram as bases de dados usadas pelo IPCC.

Medindo o fator de emissão sob a cultura do feijoeiro comum irrigado em Santo Antônio de Goiás - GO

No Brasil, no ano de 2006, o feijão, incluindo todas as safras, ocupou uma área de 3,8 milhões de hectares, produzindo três milhões de toneladas de grãos. O Cerrado (Figura 1) contribuiria com 500 mil ha e 800 mil toneladas deste grão.

O fator de emissão para o N_2O foi determinada para a cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*), cultivar BRS Horizonte, numa área de Latossolo Vermelho distrófico de

textura franco argilosa (30% de argila, 26% de silte e 44% de areia), localizada na Fazenda Capivara da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, no bioma Cerrado (Figura 1), sob irrigação por aspersão em pivô central no ano de 2006.

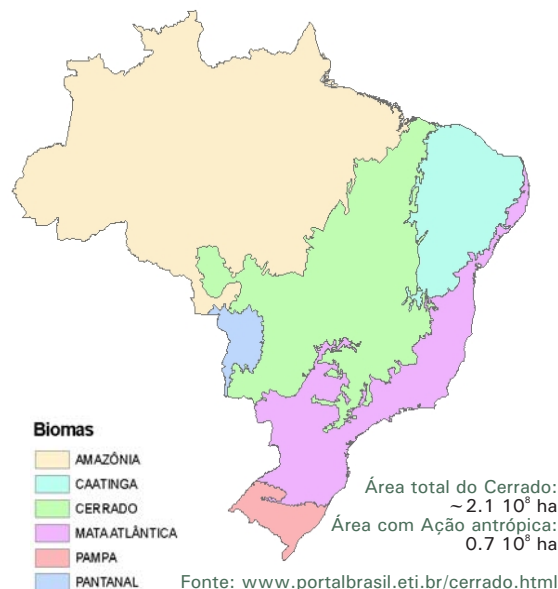


Fig. 1. Os principais biomas do Brasil.

As condições do experimento

Os Latossolos são a classe de solos mais representada no bioma Cerrado (Figura 1), ocupando aproximadamente 50% ($\sim 10,5 \cdot 10^7$ ha) da área total. São solos minerais, não-hidromórficos, profundos ($> 2m$). A sílica (SiO_2) e as bases trocáveis (Ca, Mg, K) foram removidas do perfil que levou ao enriquecimento com óxidos de ferro e de alumínio. A fração argila é composta, principalmente, de caulinita e óxidos de ferro (goethita e hematita) e alumínio (gibbsita). Esses agentes são excelentes agregantes, assim dando à massa do solo aspecto maciço poroso. Eles apresentam estrutura granular muito fina e são altamente friáveis quando úmidos (CORREIA et al., 2004). Com essas características, os Latossolos têm propriedades físicas que favorecem a impermeabilidade e o movimento vertical da água, não permitindo a permanência de condições anaeróbicas.

A cultura do feijoeiro foi implantada em 23 de maio de 2006 com fertilização no sulco de P e K, e o equivalente a 20 kg de N ha^{-1} tendo uréia com fonte de nitrogênio. Um mês após a semeadura, nova fertilização, a lanço, com uréia foi feita numa dose equivalente a 60 kg de N ha^{-1} . Como controle, o feijão foi plantado, numa faixa com 5 m de largura, sem a aplicação do fertilizante nitrogenado.

A coleta de gases emitidos do solo

As câmaras ($n = 12$) para coleta de gases foram distribuídas numa faixa de 10 m por 15 m, onde foram realizadas medidas dos fluxos de N_2O . Seis delas foram colocadas na área sem fertilização com N, e as outras 6, na área fertilizada (Figura 2).



Fig. 2. Área experimental.

Cada câmara é composta por uma base retangular de 38 cm x 58 cm de metal, inserida no solo até 5 cm de profundidade, permanecendo no mesmo local durante todo período de avaliação, evitando-se assim perturbação do solo. No perímetro superior da base metálica existe uma calha com cerca de 1 cm de largura, em que é colocada uma espuma de borracha (Figura 3). No momento da amostragem, a parte superior da câmara, uma caixa plástica com 9 cm de altura e as mesmas dimensões de largura e espessura da base de metal, são acopladas a essa base e pressionadas contra a espuma de borracha utilizando-se elásticos de látex, para garantir a vedação do sistema (Figura 4).



Fig. 3. A base retangular, de 38 cm x 58 cm de metal, da câmara inserida no solo até 5 cm de profundidade.



Fig. 4. Câmara e bomba manual usada na amostragem de gases.

Após o fechamento das câmaras, é retirada a amostra inicial (T_0) e, depois de 20 minutos, uma nova amostra para o cálculo da taxa de produção do gás. As amostras de gás do interior das câmaras são coletadas por meio de uma bomba de vácuo manual (Figura 4), que transfere o gás das câmaras para os frasquinhos, após fazer vácuo a 80 kPa. A concentração de N_2O das amostras de gás é analisada em cromatógrafo a gás equipado com coluna empacotada contendo "Porapak Q" e detector de captura de elétrons.

Cálculo dos fluxos de N_2O (F_{N_2O}) e das emissões

$$F_{N_2O} = \frac{\Delta C}{\Delta t} \left(\frac{V}{A} \right) \frac{M}{V_m}, \quad \text{onde}$$

$\Delta C/\Delta t$: e a mudança de concentração de N_2O na câmara no intervalo de incubação;
V: volume da câmara;

A: área do solo coberto pela câmara;

M: peso molecular de N_2O ;

V_m : volume molecular na temperatura de amostragem.

O fator de emissão para N_2O oriundo da cultura de feijoeiro sob irrigação por aspersão em pivô central

Os fluxos de N_2O na área não adubada durante todo o ciclo do feijoeiro variaram entre $-1,1$ e $41,9 \mu g N m^{-2} h^{-1}$, com os fluxos mais altos ocorrendo após a semeadura. A área não adubada serve como referência da produção do gás sem influência da fertilização, tendo-se um valor médio dos fluxos de $5,9 \pm 1,5 \mu g N m^{-2} h^{-1}$ (Figura 5). Os fluxos mais altos, logo após a semeadura, devem estar relacionados a um estímulo na dinâmica de N do solo devido à interrupção do período seco pela irrigação do feijoeiro, ocorrendo também na área adubada com uréia.

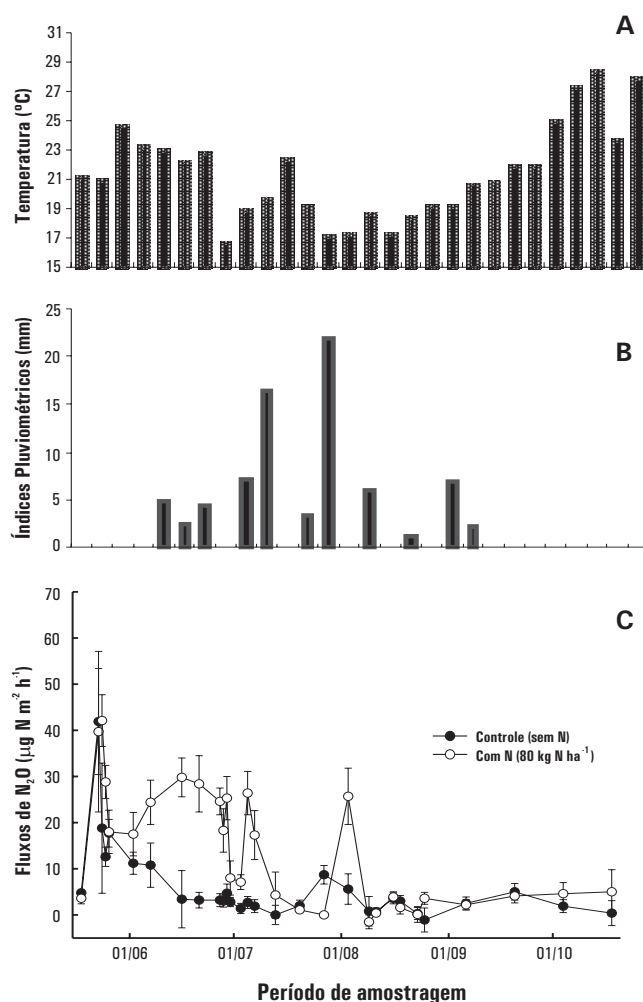


Fig. 5. Temperatura média do solo (A), precipitação pluviométrica (B) na área experimental, e fluxos de N_2O (C) observados durante as amostragens da cultura do feijoeiro comum sob plantio direto em um Latossolo Vermelho distrófico no Cerrado, em Santo Antônio de Goiás, GO.

Com a adição de uréia, os fluxos variaram entre $-1,5$ a $42,1 \mu g N m^{-2} h^{-1}$, porém a frequência de fluxos mais altos foi aumentada, sendo observados nos dois primeiros meses de desenvolvimento das plantas.

As emissões do solo com o feijoeiro foram equivalentes a 295 g N-N₂O ha⁻¹, na área adubada com 80 kg N ha⁻¹. Na área não adubada, 198 g N ha⁻¹. Assim, 97 g N ha⁻¹ foram emitidos oriundo do fertilizante. O fator de emissão do fertilizante seria de 0,12%, ou cerca de dez vezes menor do que o recomendado pelo IPCC.

Considerações finais

A emissão de N₂O, derivada de 80 kg N ha⁻¹ na forma de uréia aplicada na cultura do feijoeiro comum irrigado (terceira safra), sob plantio direto em Latossolo Vermelho distrófico, ocorre numa ordem de magnitude abaixo da prevista pelo fator de emissão utilizado nas orientações para inventário de gases de efeito estufa do IPCC.

Agradecimento

O trabalho foi realizado pelos projetos (a) Universal, CNPq proc 481983/2004-0 e (b) Projeto Carboagro/Finep e apoiado pela PIBIC/CNPq.

Referências

- BAEDE, A. P. M.; AHLONSOU, E.; DING, Y.; SCHIMEL, D. The climate system: an overview. In: HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P. J.; DALI, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, C. A. (Ed.). **Climate change 2001: the scientific basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 87-98.
- BOECKX, P.; VAN CLEEMPUT, A. Estimates of N₂O and CH₄ fluxes from agricultural lands in various regions of Europe. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 60, n. 1/3, p. 35-47, 2001.
- BOUWMAN, A. F. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 46, n. 1, p. 53-70, 1996.
- CORREIA, J. R.; REATTO, A. SPERA, S. T. Solos e suas reações com o uso e manejo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 29-61.
- CRUTZEN, P. J. Atmospheric chemical processes of the oxides of nitrogen, included nitrogen oxide. In: DELWICHE, C. C. (Ed.). **Denitrification, nitrification and N₂O**. New York: J. Wiley, 1981. p. 17-44.
- GOODROAD, L. L.; KEENEY, D. R. Nitrous oxide production in aerobic soils under varying pH, temperature and water content. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 16, n. 1, p. 39-43, 1984.
- IPCC (INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). **Guidelines for national greenhouse gas inventories**: reference manual. Geneva, 1997. v. 3.
- JANTALIA, C. P.; ZOTARELLI, L.; SANTOS, H. P.; TORRES, E.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Em busca da mitigação da produção de óxido nitroso em sistemas agrícolas: avaliação de práticas usadas na produção de grãos do sul do País. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Manejo dos sistemas agrícolas: impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Genesis, 2006. p. 81-108.
- LI, C.; ABER, J.; STANGE, F.; BUTTERBACH-BAHL, K.; PAPEN, H. A process-oriented model of N₂O and NO emissions from forest soils: 1. Model development. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 105, n. D4, p. 4369-4384, 2000.
- MACHADO, P. L. O. de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.
- POTH, M.; FOCHT, D. D. ¹⁵N kinetic analysis of N₂O production by Nitrosomonas europaea: an examination of nitrifier-denitrification. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 49, n. 5, p. 1134-1141, 1985.
- PRINN, R. Non-CO₂ greenhouse gases. In: FIELD, C. B.; RAUPACH, M. R. (Ed.). **The global carbon cycle: integrating humans, climate and natural world**. Washington: Island Press, 2004. p. 75-82. (SCOPE Series, 62).
- ROBERTSON, G. P. Abatement of nitrous oxide, methane and the non CO₂ greenhouse gases: the need for a system approach. In: FIELD, C. B.; RAUPACH, M. R. (Ed.). **The global carbon cycle: integrating humans, climate and natural world**. Washington: Island Press, 2004. p. 112-124. (SCOPE Series, 62).
- SMITH, K. A.; BALL, T.; CONEN, F.; DOBBIE, K. E.; MASSHEDER, J.; REY, A. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 54, n. 4, p. 779-791, 2003.

Comunicado Técnico, 144



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Arroz e Feijão
Rodovia GO 462 Km 12 Zona Rural
Caixa Postal 179
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (62) 3533 2123
Fax: (62) 3533 2100
E-mail: sac@cnfap.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2007): 1.000 exemplares

Comitê de publicações

Presidente: Luis Fernando Stone
Secretário-Executivo: Luiz Roberto R. da Silva
Membros: Alexandre Bryan Heinemann
Silvando Carlos da Silva

Expediente

Supervisor editorial: André Ribeiro Coutinho
Revisão de texto: Vera Maria T. Silva
Normalização bibliográfica: Ana Lúcia D. de Faria
Editoração eletrônica: Fabiano Severino